

水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を 目指した超分野融合学術体系の構築

① ビジョンの概要

水環境は、全球的な物質循環における重要な媒体であり、人類活動と生態系の根本を支える存在である。本ビジョンは、日本水環境学会が涵養してきた水環境に関わる様々な専門性を外部へと拡張し、異分野と融合した超学際的取り組みにより、水環境に関わる物質循環と生態系の姿を完全可視化し、かつ人の営みとの関わりを完全に理解するための新領域を開拓することを目指すものである。

② ビジョンの内容

カーボンニュートラルで持続可能な未来社会に備わべき要素としての健全な水環境とはどのようなものか。河川、湖沼、沿岸、湿地等、様々な形態があるだけでなく、同じ河川でも地域によっては洪水調整機能が重視され、また別の地域では親水性や自然浄化・炭素吸収機能が追求されるなど、求められるものは地域によって様々である。未来社会において、地域ごとに特徴ある水環境を発達させていくためには、地域ごとの気候や災害、そして「どんな世界に住みたいか」という居住者の欲求に基づいた人の営みとの調和を追求しなければならない。

この調和の実現には、様々な地域の水環境において、多様な物質がどのような姿で流動・蓄積し、かつ変換され、ヒトの健康や生態系の健全性に如何に影響を与えているのか、言い換えれば、地球システム、都市産業システム、及び人間システムが水や物質を介して具体的にどのような繋がりを有しているのか、学術的に整理し理解することが重要であるが、現段階で完全な理解には至っていない。

以上のような学術上の滞りを解消するために、本ビジョンでは、水環境に関わる物質循環と生態系の姿を完全可視化し、かつ人の営みとの関わりを完全に理解するための新領域を開拓することを目指す。具体的には、実社会では行うことが不可能なレベルの試行錯誤を行うための3種類の水環境デジタルツイン（流域デジタルツイン、水環境生態系デジタルツイン、及び水処理デジタルツイン）の構築（図1）に取り組み、水環境・水処理過程における物質流動・変換、豪雨災害等の擾乱に対する水環境生態系の応答等、水環境デジタルツインを構成する要素の仮想現実化を完成させる。

③ 学術研究構想の名称

水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を目指した超分野融合学術体系の構築

④ 学術研究構想の概要

流域における物質変換、水処理過程、及び地域水環境における生態系に関する仮想現実化が実現すれば、様々な条件下、例えば温暖化が河川水質に与える影響、豪雨災害が干潟生態系に与える影響、急激な原水水質変化が実施設における水処理効率に与える影響等、実験を行うことが難しい事象に関するシミュレーションが可能となる。水環境未来ビジョンでは、可視化ツールとしてのデジタルツイン技術に着目し、デジタル空間における流域、水処理過程、及び地域水環境の再現に必要な要素技術の確立と統合を行うために、超学際的取り組みを推進する。

⑤ 学術的な意義

構築を目指す3つのデジタルツインのうち、流域デジタルツインと水環境生態系デジタルツインは、河川・湖沼・干潟等の水環境における管理に関する施策について、行政による意思決定に大きく貢献する他、市場経済の仕組みを取り入れた生態系サービスや行動経済学の枠組み導入が健全な水環境生態系の維持に与える貢献度の評価や、社会システムの構成要素としての法律の在り方に関する議論につながるなど、さらなる学術的な広がりをもたらすきっかけとなりうる。もう1つの水処理デジタルツインも、居住者の欲求・要求にも適応して地域社会にうまく埋め込まれるような水処理技術の開発を可能とするなど、水処理技術の革新を

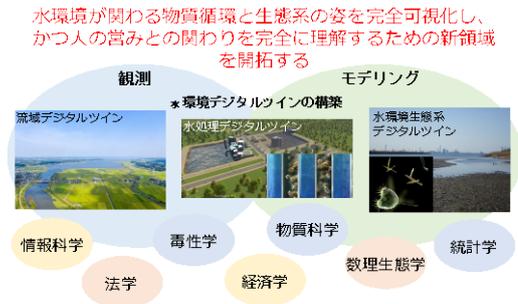


図1 水環境未来ビジョン概念図

誘導するものである。これらを実現する水環境デジタルツインは、モニタリングデータなどを用いて常にパラメータが更新され、様々な物理・化学・生物プロセスが統合されつつ進化していく形態を有しており、最先端の知見が専門性を超えて容易に共有される点において、学術的価値が著しく高いものである。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

世界水協会（International Water Association：IWA）では Digital Water Group が形成されており、その中で水処理や水環境管理の分野におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）が指向されている。しかしながら、Digital Water Group が目指している DX は、人が直接管理する水質（上下水処理等）を対象としたものに留まっており、本ビジョンで目指すような、河川・湖沼・干潟、汽水域等の自然環境における水質変換、および生態系構造が 3 次元仮想現実化された水環境デジタルツインは全く想定されていない。世界に先駆けた本ビジョンにより、水環境分野における研究を大きくリードする状況を作り出せると考えている。

⑦ 社会的価値

自分達の身近な水環境が 3 次元で細部に至るまでが可視化されれば、地域住民と水環境の状況を視覚的に共有することができるようになるため、水環境行政はより科学的に説得力のある形で施策を提案し、実施することが可能となる。さらに、水環境デジタルツインは、市場経済の仕組みを取り入れた生態系サービスの枠組み導入の効果を検証する目的で使用することも可能であり、民間による活用が大いに期待される。SDGs に関しても、水と衛生に関わる SDG 6 に掲げられている「有害な化学物質による汚染を最小限にする（6-3）」や「山や森林、湿地、川、地下水を含んでいる地層、湖などの水に関わる生態系を守り、回復させる（6-6）」について、科学的根拠に基づいて達成度を評価することが可能となる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール

2023 年：研究クラスター始動、研究実施計画立案

2024-2025 年：学術団体・行政ネットワーク、デジタルツインモデルのプロトタイプ考案

2026-2027 年：学術団体・行政ネットワーク、モデル検証用モニタリングデータ蓄積

2028 年：デジタルツインモデルの検証・更新、モデル検証用モニタリングデータ蓄積

2029-2030 年：デジタルツイン実装

2031-2032 年：行政・民間における活用、モデル検証

実施機関と実施体制

水環境デジタルツインの構築に向け、日本水環境学会が他分野の学術団体を繋げるハブの役割を担う。特にデジタルツインの構築に深く関係する情報科学分野の学術団体との協働は欠かせない。その上で、流域デジタルツインの構築は、「流域物質動態とノンポイントソース研究委員会」を含む関連研究委員会が協働して、モデル検証に必要となる環境モニタリング及びモデル構築・検証に取り組むと同時に、水文学、河川工学、物質科学等の関連学術団体との協働を進める。水処理デジタルツインの構築では、嫌気性処理、消毒、電気化学的処理等、関連する研究委員会が協働して、環境モニタリング及びモデル構築・検証に取り組むと同時に、微生物生態学等の関連学術団体との協働を進める。地域水環境デジタルツインの構築では、湿地、沿岸域、汽水域、熱帯・亜熱帯地域水環境等、関連する研究委員会が協働し、環境モニタリング及びモデル構築・検証に取り組むと同時に、生態学等の関連学術団体との協働を進める。

総経費 27.9 億円

所要経費

人件費：水環境デジタルツイン 3 件 x 博士研究員 1 名 x 700 万円/年 x 10 年 = 2.1 億円

設備費：モニタリング用分析機器 10 台 x 2,000 万円 + 更新 1 回 = 4 億円、デジタルツイン構築用サーバー 3 台 x 3,000 万円 + 更新 1 回 = 1.8 億円

分析費：20 研究委員会 x 分析一式 1000 万円/年 x 10 年 = 20 億円

⑨ 連絡先

池 道彦（日本水環境学会）